



# Servikal Omurganın Dejeneratif Hastalığında Hareket Koruyucu Cerrahinin Geleceği

## The Future of Motion Preservation Surgery in Degenerative Disease of the Cervical Spine

Süreyya TOKLU<sup>1</sup>, Mehmet Yiğit AKGÜN<sup>2</sup>, Tunç ÖKTENOĞLU<sup>2</sup>, Ali Fahir ÖZER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Erzurum Bölge Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Erzurum, Türkiye

<sup>2</sup>Koç Üniversitesi Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

**Yazışma adresi:** Mehmet Yiğit AKGÜN ✉ myigitakgun@gmail.com

### ÖZ

Servikal omurganın dejeneratif hastalığı omurganın ilerleyici yaşlanma sürecidir. Omurilik veya kök basısına bağlı belirtiler ve bulgular gösterebilir. Tanıda direkt grafi, bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve elektrofizyolojik çalışmalardan faydalanılır. İlerleyici nörolojik bulgu olmadıkça genellikle ameliyat dışı tedavi yöntemleri tercih edilir. Konservatif tedaviye cevap vermeyen hastalarda cerrahi tedavi endikasyonu vardır. Cerrahi girişimler servikal diskektomi, korpektomi, laminektomi laminoplasti ve bunların kombinasyonları şeklinde olabilir. Hareket koruyucu cerrahiler füzyon cerrahileri ile karşılaştırıldığında benzer veya daha iyi sonuçlar vermiştir. Ek olarak, Servikal bölgenin çok seviyeli instabilitelerinin oluşturduğu patolojilerde, tıpkı lomber bölgede kullandığımız gibi, servikal pediküler dinamik sistemlerin kullanılmasının önü açılacak ve popülaritesi giderek artacaktır.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** Artroplasti, Laminoplasti, Minimal invaziv foraminotomi, Posterior dinamik sistem

### ABSTRACT

Degenerative disease of the cervical spine is the progressive aging process of the spine. It may show signs and symptoms related to spinal cord or root compression. Direct radiography, computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), and electrophysiological studies are used for the diagnosis. Non-operative treatment methods are generally preferred unless there is a progressive neurological finding. Surgical treatment is indicated in patients who do not respond to conservative treatment. Surgical interventions can be in the form of cervical discectomy, corpectomy, laminectomy laminoplasty, and their combinations. Motion preservation surgeries have yielded results similar to or better than fusion surgeries. Moreover, the use of cervical pedicular dynamic systems will pave the way in pathologies caused by multi-level instability of the cervical region, just like currently used in the lumbar region, and their popularity will gradually increase.

**KEYWORDS:** Arthroplasty, Laminoplasty, Minimally invasive foraminotomy, Posterior dynamic system

### ■ GİRİŞ

Servikal omurganın dejeneratif hastalığı intervertebral disklerin yüksekliğini kaybetmesi, osteofitlerin oluşması, ligamanların kalınlaşması, faset eklem artropatisi ile giden

yaşlanma sürecidir. İlerleyici bir durumdur ve asemptomatik olabileceği gibi sinir kökü veya omurilik basısına bağlı olarak hafiften ağır dereceye kadar belirti ve bulgular gösterebilir (7).

## ■ PATOFİZYOLOJİ

Servikal vertebral kolon, yedi omurgadan oluşur. Birinci ve ikinci servikal omurga yapıları nedeni ile atipik kabul edilirler. İntervertebral diskler, ligamanlar ve kaslar bu omurgaların stabilitesini sağlar. Servikal vertebralarda arasında faset eklemler, unsinat çıkıntıların oluşturduğu Luschka eklemleri ve intervertebral diskten oluşan eklem yapısı bulunur (33). Faset eklemler fleksiyon, ekstansiyon ve rotasyona izin veren translasyonu engelleyen gerçek diarthrodial eklemlerdir (14). İntervertebral diskler, omurgaların her yöne hareket etmesine yardımcı olurlar. Servikal bölgede intervertebral diskler, tüm servikal omurga yüksekliğinin %22'sini oluşturur (9).

İntervertebral diskler; jelatinsi yapıdaki nükleus pulpozus, fibröz katmanların oluşturduğu annulus fibrozis ve kırıldak yapıdaki vertebral son plaklardan oluşur. Hareket açıklığını sağlamanın yanında intervertebral diskler omurga cisimleri arasındaki kompresif güçlere karşı koyarlar (9).

Nükleus pulpozusta su içeriğinde azalma, intervertebral diskte yükseklik kaybı, vertebral son plaklarda skleroz gelişimi ile disk yüklenmelere karşı koyamaz ve yük dağıtımında sağlıklı görev yapamaz duruma gelir (9). Diskin yüksekliğini kaybetmesi sonucu omurganın lordozu kaybolup kifoz gelişebilir. Diskteki yükseklik kaybı sonucu ligamanlardaki göreceli uzama ile fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri ile 1-2 mm lik patolojik translasyon hareketi ve instabilite gelişir (33). Bu strese cevap olarak osteofit formasyonu artar (9). Spondilolitik değişikliklere bağlı faset eklemlere binen yük dağılımını değiştirerek faset eklemlerde hipertrofi gelişir. Yaşlanmayla ligamentum flavum hipertrofisi de görülür. Dejenerasyona bağlı olarak unkovertrebral eklemler zamanla sklerotik bir yapı kazanır ve osteofit gelişir. Bu süreçler spinal kanalda daralmaya neden olur. İnstabil dönemin ardından faset eklemlerin ve unkovertrebral eklemlerin artropatisi, son plaklarda gelişen osteofitlerin birbirine kavuşması ile disk ekleminde ankiloz gelişebilir (33). Disk yüksekliğinin azalması, osteofit formasyonu, eklemlerde hipertrofi, disk herniasyonu, ligaman basısı ve instabilite gibi dejeneratif değişiklikler sonucu spinal kanalda veya foramen-de statik veya dinamik daralmalar meydana gelir.

## ■ BELİRTİ ve BULGULAR

Servikal omurganın dejeneratif hastalığı, asemptomatik olabildiği gibi boyun ağrısı ve radikülopatiyeye bağlı şikâyetlere sebep olabilir. Miyelopati nedeni klinik bulgular ile karşımıza çıkabilir. Servikal dejeneratif disk hastalığı olan hastalarda en sık görülen bulgu, nörolojik defisiti olmayan boyun ağrısıdır (37). Boyun ağrısı sıklıkla aktivite ile artar, istirahatle azalır (7). Sinir kökü basısı bulgusu yumuşak disk veya osteofitlerden kaynaklanan sert diskler nedeni ile olabilir. Servikal omurgada her seviyenin sinir kökü sıkışması, kendine ait radiküler şikâyet ve bulgu gösterir (42). Bası altındaki sinir dağılımında uyuşukluk, parestezi, güçsüzlük ve derin tendon reflekslerinde azalma, sinir kök basısı bulgularıdır (30). Miyelopati gelişmesi hâlinde ince motor hareketlerde bozulma, yürüme bozukluğu şikâyetleri ile idrar yapmaya ait şikâyetler olabilir ve birinci motor nöron bulguları tespit edilebilir (42).

## ■ TANI YÖNTEMLERİ

Ön arka, yan ve oblik grafilerle servikal spondilolitik değişiklikler görülebilir. Disk mesafeleri, osteofitler, unsinat çıkıntıları, pediküller, artiküler kütleler, foramen darlıkları, kifoz, listezis değerlendirilebilir. Fleksiyon ve ekstansiyon grafileri instabiliteyi göstermede yardımcıdır. Bilgisayarlı tomografi (BT) ile spinal kanalda ve foramenlerde olan darlıklar, faset artriti ve posterior longitudinal ligamanın osifikasyonu görüntülenebilir (37). Miyelo-BT beyin omurilik sıvısının akımını engelleyen mekanik engelleri gösteren dinamik bir testtir (33). Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) omurilik, intervertebral disk, ligamanlar ve spinal kanal çapı hakkında bilgi verir. Miyelopatiye bağlı olarak T2 ağırlıklı MRG'de artmış sinyal değişiklikleri görülür (42). Radyolojik yöntemler haricinde tanı amaçlı olarak elektrofizyolojik incelemeler yapılabilir.

## ■ TEDAVİ

### Ameliyat dışı tedavi

Servikal spondilozis tanısı konulan hastalarda ilerleyici nörolojik bulgu olmadıkça genellikle ameliyat dışı tedavi yöntemleri tercih edilir. Hastaların çoğu tıbbi tedavi ve fizik tedavi programlarına iyi yanıt verirler. Konservatif tedavi yöntemleri ile hastaların %75'inde belirgin olarak şikâyetlerde azalma görülmüştür. İleri yaş, belirtilerin uzun süredir olması, miyelopatinin ileri derecede olması ve darlığın ileri seviyede olması ameliyat dışı tedavilerin başarısını azaltan faktörlerdir (27).

### Cerrahi tedavi

Konservatif tedaviye cevap vermeyen aksiyel ve radiküler ağrı, ilerleyen nörolojik bulgular, miyelopatinin varlığı cerrahi tedavi endikasyonlarıdır (30). Cerrahi girişimler servikal diskektomi, korpektomi, laminektomi laminoplasti ve bunların kombinasyonları şeklinde olabilir. Patolojinin seviyesine, etkilenen seviye sayısına, patolojinin seviyedeki lokalizasyonuna, deformitenin varlığına, posterior longitudinal ligaman kalsifikasyonunun (OPLL) olup olmadığına bağlı olarak yapılmalıdır (11,19,36).

Anterior girişim sonrasında greft ya da kafes dislokasyonları, psödoartroz, komşu segment dejenerasyonu görülebilen komplikasyonlardır (47). Postlaminektomi kifozu gelişmesi için laminektomi bölgesi stabilize edilmelidir. Yine komşu segment hastalığı ihtimali vardır. Ayrıca anterior ve posterior füzyona bağlı hareket kısıtlılığı olmaktadır (10,47). Bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda hareketi koruyucu cerrahiler değerlendirilmektedir.

## ■ SERVİKAL DİSK ARTROPLASTİSİ

Anterior servikal diskektomi ve füzyon, uzun süredir servikal disk hastalığının tedavisinde etkili ve güvenli tedavidir. Ancak yeni bir ameliyat gerektiren semptomatik komşu segment hastalığına ilişkin endişeler (5,16,17) nedeniyle normal omurga hareketini koruyan ve bu sorunu önleyen çözüm bulunmaya çalışılmıştır. Artroplasti denemeleri başlamıştır. Başarılı tedavi yanında segmental hareketi koruyarak normal fizyolojik anatominin devamı amaçlanmaktadır.

Artroplasti 2002 yılında Dr. Matgé tarafından uygulanmış ve daha sonra Paradigm Spine (New York, NY, ABD) tarafından geliştirilerek klinik pratiğe sunulan bir prosedürdür (25).

Servikal disk artroplastinin çeşitli avantajları vardır: 1) geniş bir endikasyon yelpazesi bulunan nispeten basit bir cerrahi teknik olması (22); 2) aksiyel rotasyonu ve lateral hareketi sınırlayarak böylece faset eklem stresini azaltması (26); 3) fleksiyonda ve ekstansiyonda aksiyel kompresyona izin verilmesi (28); 4) metalik yüzeyde sürtünme olmadığından lokal veya sistemik reaksiyon gelişmemesi (22).

Çok seviyeli artroplasti bildirilmiş olmasına rağmen çoğu cerrah tek seviyeli servikal disk hernisinde artroplastiyi tercih eder (29). Kontrendikasyonları arasında 3 veya daha fazla spondiloz seviyesi, belirgin faset dejenerasyonu, implant malzemelerine alerji, aynı seviyedeki önceki ameliyat ve osteoporoz bulunur (48). Artroplastiyeye özgü komplikasyonlar arasında protez aşınmasından kaynaklanan heterotopik ossifikasyon ve vertebral gövde osteolizisi yer alır. En yaygın komplikasyonu heterotopik ossifikasyondur. Tahminler, vakaların %7 ila %69'u arasında değişmektedir ve bir sistematik inceleme, bunun klinik olarak anlamlı olmadığını ileri sürmüştür (3).

Genel olarak sonuçlar artroplastisinin servikal dejeneratif disk hernisinin tedavisi için etkili ve güvenli bir prosedür olduğunu göstermektedir (29). Diskektomi ve füzyon yapılan hastalar ile karşılaştırıldığında servikal disk artroplastisi yapılan hastalarda benzer veya daha iyi klinik sonuçlar elde edilmiş ayrıca artroplasti grubunda segmental hareketin daha iyi korunduğu ve komşu segment değişiklikleri daha az olduğu görülmüştür (8,29,45).

## ■ LAMİNOPLASTİ

Biyomekanik bir çalışmada servikal bölgede faset eklemine sadece %25'lik kısmının eksiz edilmesinin bile instabiliteye yol açtığı gösterilmiştir (31). Geniş laminektomi durumunda segmental instabilite, kifoz ve takiben nörolojik kötüleşme kaçınılmazdır (10). Bu komplikasyonların önlenmesi için laminektomi sonrası stabilizasyon gerekir. Bu yöntemin dezavantajları füzyon uygulandığından komşu segment dejenerasyonu, implanta bağlı komplikasyonlar ve greft donör bölge komplikasyonlarıdır. Bu komplikasyonlar nedeniyle posterior yaklaşımlardan laminoplastinin daha güvenli olduğu ileri sürülmüştür (15).

Laminoplasti için ideal endikasyon, lordozun korunduğu ve spondilolitik aksiyel ağrısının minimal olduğu veya hiç olmadığı genellikle 3 veya daha fazla hareket segmentini içeren miyelopati hastadır. Bunlar ideal endikasyonlar olmakla beraber bu kriterleri tam olarak yerine getirmeyen hastalarda laminoplasti adayı olabilir (46).

Aksiyel boyun ağrısı ön planda olan hastalarda füzyon temelli yaklaşım öncelikli düşünülebilir. İleri instabilite laminoplasti için bir kontrendikasyon oluşturmaktadır, ancak laminoplastinin hafif spondilolistezisi olanlarda başarıyla uygulanabileceğini gösteren literatür mevcuttur (20). Foraminotomi veya anterior girişimle daha iyi yönetilebilecek saf radikülopatili hastalarda genellikle tercih edilen yöntem olmadığını belirtmek gerekir.

Ankilozan spondilit (AS) ve romatoid artrit (RA) gibi inflamatuvar artrit durumları göreceli bir kontrendikasyon oluşturur (35), ancak kabul edilebilir sonuçlar da bildirilmiştir (43).

Laminoplasti ilk kez Japonya'da tanımlanmış ve daha sonra tüm dünyada kabul edilir bir yöntem hâline gelmiştir. Temelde iki farklı şekilde uygulanır: Tek kapı (Single door, Hirabayashi) (18), çift kapı (Double door, French door, Kurokawa) (21).

Çoğu çalışma, hastaların cerrahiye takiben modifiye Japon Ortopedi Birliği (mJOA) skorlarında orta derecede bir iyileşme yaşayabileceğini göstermektedir. Ancak bu laminektomi ve füzyon hastaları ile karşılaştırıldığında anlamlı olarak farklı değildi (4,24). Ayrıca laminoplastideki komplikasyon oranlarının diğer dekompresif uygulamalara benzer veya biraz daha az olduğunu gösterilmiştir (4). Psödoartroz gibi artrodez ile ilişkili komplikasyonlar görülmeyeceği gibi hızlandırılmış komşu segment hastalığı ihtimali azalır. Tek başına laminektomi ile karşılaştırıldığında, arka gerilim bandının korunması daha fizyolojik bir yüklemeye izin verir ve doğal biyomekaniği daha iyi korur (41). Laminoplasti ile lordoz kaybı meydana gelebilse de, genellikle tek başına çok seviyeli laminektomi kadar değildir. Servikal laminoplastide post op dönemde servikal spinal parametrelerin bozulduğu bilirse de, iki yıl içerisinde hem parametrelerde hem de hastaların klinik bulgularında belirgin düzelme gözlenmiştir. Ayrıca laminoplasti dura üzerinde fibrozisi engeller ve gerekirse daha güvenli revizyon işlemine olanak sağlar (34).

Sonuç olarak, laminoplasti, sagittal dizilimi koruyan ve spondiloza bağlı minimum veya hiç aksiyel boyun ağrısı olmayan çok seviyeli darlığı olan hastalarda servikal miyelopatide uygun cerrahi seçenektir (38). Servikal laminektomi ve füzyon ile karşılaştırıldığında, avantajları arasında füzyona bağlı komplikasyonların önlenmesi ve hareketin korunması sayılabilir.

## ■ POSTERİOR SERVİKAL FORAMİNOTOMİ VE MİNİMAL İNVAZİV POSTERİOR SERVİKAL FORAMİNOTOMİ

Anterior servikal cerrahiler popüler olsa da posterior servikal foraminotominin segmentin hareketini koruyarak foraminal yumuşak disk fragmanına, foraminal stenoza veya sinovyal kiste bağlı şikâyetlerde iyileşme sağladığı görülmüştür. Disfaji, ses kısıklığı ve komşu segment hastalığı gibi anterior yaklaşımlarla ilişkili komplikasyonları önler. Konvansiyonel olarak uygulanan posterior servikal foraminotominin dezavantajlarından biri, postoperatif boyun ağrısı, kas spazmı ve omurganın dizilim bozukluğu ile sonuçlanabilen önemli subperiostal kas diseksiyonu ve retraksiyonudur (1,32,40). Bu geniş diseksiyonla ilgili sorunları en aza indirmek için minimal invaziv yaklaşımlar bildirilmiştir (12). Minimal invaziv posterior servikal foraminotomi, mikroskop veya endoskop kullanılarak küçük bir paramedian insizyon yoluyla tübüler ekartörün yerleştirilmesiyle kas diseksiyonu yaklaşımını içerir.

Minimal invaziv posterior servikal foraminotominin psödoartrozu, komşu segment hastalığını, greft bölgesi sorunlarını, anterior yaklaşımla ilgili komplikasyonları sınırlamayı amaçlayan başarılı bir alternatif olduğu kanıtlanmıştır (13,23,44). Füzyon gerekmeyen, miyelopati olmayan tek taraflı servikal radikülo-

patinin tedavisi için uygun seçim olabilir. Segmentin hareketini korur, düşük komplikasyon oranına sahiptir, uygun maliyetlidir ve aktiviteye daha hızlı dönüş sağlar (39). Klinik sonuçlarda, komplikasyon oranında ve tekrar ameliyat ihtimalinde anterior servikal diskektomi ve füzyon ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı gösterilmiştir (39).

Minimal invaziv posterior servikal foraminotomi medyan ve paramedian patoloji, kifotik dizilim bozukluğu, instabilite, anormal vertebral arter seyri ile posterior longitudinal ligamanın osifikasyonu durumunda kontrendikedir. Nüks vakalarda ve bilateral patoloji bulunan vakalarda göreceli kontrendikedir (6).

## ■ POSTERİOR DİNAMİK SİSTEM

Çoğunlukla lomber spinal patolojiler için kullanımı bildirilen dinamik rod sistemleri 2020 yılında Aydın ve ark. tarafından sonlu elemanlar analizi kullanılarak iki seviyeyi kapsayacak şekilde servikal omurgaya uyarlanmıştır (2). Esnek polietilen eter keton (PEEK) rod ile rijit titanyum rodlar karşılaştırılmıştır. PEEK rodların daha fazla hareket açıklığına müsaade ettiği gösterilmiştir. Servikal bölgenin çok seviyeli instabilitelerinin oluşturduğu patolojilerde, tıpkı lomber bölgede kullandığımız gibi, servikal pediküler dinamik sistemlerin kullanılmasının önü açılacak ve popüleritesi giderek artacaktır.

## ■ SONUÇ ve GELECEĞE AİT ÖNERMELER

Artroplasti, anterior diskektomi sonrası artrodez ihtiyacını ortadan kaldırır ve füzyon ile karşılaştırıldığında benzer veya daha iyi klinik sonuçlar verir. Şu anda mevcut olan en iyi veriler, tıbbi tedaviye dirençli radikülopati veya miyelopatiye neden olan bir veya iki seviyeli servikal disk hastalığında protez kullanımını desteklemektedir. Daha fazla çalışma ile farklı patolojiler için artroplasti uygulaması genişletilebilir. Artroplastinin faydasının daha fazla değerlendirilmesi ve komşu seviye patolojisi üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi için daha büyük örneklem sayısına sahip çalışmalar ve daha uzun takip süresi gerekmektedir. Bu artroplasti protezlerinin teknikleri, malzemeleri ve tasarımları gelişmeye devam ettikçe gelecekte protez kullanımının daha yaygın olması muhtemeldir.

Modern laminoplasti yöntemleri, hareket ve stabiliteyi korumada erken laminoplasti uygulamalarından daha iyidir. Avantajları iyi koordine edilmiş randomize kontrollü çalışmalarda bilimsel olarak gösterilmektedir.

Daha büyük çalışma popülasyonlarına sahip gelecekteki çalışmalar, yaklaşımlar arasındaki farklılıkları aydınlatırken bu prosedürlerin güvenliğini ve etkinliğini daha fazla doğrulamak için daha uzun takip süresine odaklanmalıdır.

## ■ KAYNAKLAR

1. Adamson TE: Microendoscopic posterior cervical laminotomy for unilateral radiculopathy: Results of a new technique in 100 cases. *J Neurosurg* 95 Suppl 1:51-57, 2001
2. Aydın AL, Sasani M, Erbulut DU, Oktenoglu T, Ozer AF: A new concept of motion preservation surgery of the cervical spine: PEEK rods for the posterior cervical region. *Biomed Mater Eng* 31(4):235-251, 2020

3. Barbagallo GM, Corbino LA, Olindo G, Albanese V: Heterotopic ossification in cervical disc arthroplasty: Is it clinically relevant? *Evid Based Spine Care J* 1:15-20, 2010
4. Bartels RHMA, van Tulder MW, Moojen WA, Arts MP, Peul WC: Laminoplasty and laminectomy for cervical spondylotic myelopathy: A systematic review. *Eur Spine J* 24 Suppl 2:160-167, 2015
5. Bartolomei JC, Theodore N, Sonntag VK: Adjacent level degeneration after anterior cervical fusion: A clinical review. *Neurosurg Clin N Am* 16:575-587, 2005
6. Bhatia S, Brooks NP: Posterior endoscopic cervical foraminotomy. *Neurosurg Clin N Am* 31(1):9-16, 2020
7. Brebach GT, Fischgrund JS, Herkowitz HN: Cervical spondylosis and stenosis. In: Bono G (ed). *Orthopaedic Surgery Essentials - Spine*. Philadelphia: Lippincott, 2006:106-113
8. Chang CJ, Liu YF, Hsiao YM, Huang YH, Liu KC, Lin RM, Lin CL: Comparison of anterior cervical discectomy and fusion versus artificial disc replacement for cervical spondylotic myelopathy: A meta-analysis. *J Neurosurg Spine* 22:1-10, 2022
9. Connell MD, Wiesel SW: Natural history and pathogenesis of cervical disk disease. *Orthop Clin North Am* 23(3):369-380, 1992
10. Edwards CC, Riew KD, Anderson PA, Hilibrand AS, Vaccaro AR: Cervical myelopathy: Current diagnostic and treatment strategies. *Spine J* 3:68-81, 2003
11. Emery SE, Bohlman HH, Bolesta MJ, Jones PK: Anterior cervical decompression and arthrodesis for the treatment of cervical spondylotic myelopathy. Two to seventeen-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 80:941-951, 1998
12. Fessler RG, Khoo LT: Minimally invasive cervical microendoscopic foraminotomy: An initial clinical experience. *Neurosurgery* 51 Suppl 5:37-45, 2002
13. Fountas KN, Kapsalaki EZ, Nikolakakos LG, Smisson HF, Johnston KW, Grigorian AA, Lee GP, Robinson Jr JS: Anterior cervical discectomy and fusion associated complications. *Spine (Phila Pa 1976)* 32:2310-2317, 2007
14. Heller JG: The syndromes of degenerative cervical disease. *Orthop Clin North Am* 23(3):381-394, 1992
15. Heller JG, Edwards CC, Muramaki H, Rodts G: Laminoplasty versus laminectomy and fusion for multilevel cervical myelopathy. *Spine* 26:1330-1336, 2001
16. Hilibrand AS, Carlson GD, Palumbo M, Jones PK, Bohlman HH: Radiculopathy and myelopathy at segments adjacent to the site of a previous anterior cervical arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am* 81:519-528, 1999
17. Hilibrand AS, Yoo JU, Carlson GD, Bohlman HH: The success of anterior cervical arthrodesis adjacent to a previous fusion. *Spine* 22:1574-1579, 1997
18. Hirabayashi K, Satomi K: Operative procedure and results of expansive open door laminoplasty. *Spine* 13:870-876, 1988
19. Joaquim AF, Sielatycki JA, Riew KD: Anterior surgical options for cervical spondylotic myelopathy. *Indian Spine J* 2:33-41, 2019



20. Kawakami M, Tamaki T, Ando M, Yamada H, Matsumoto T, Yoshida M: Preoperative instability does not influence the clinical outcome in patients with cervical spondylotic myelopathy treated with expansive laminoplasty. *J Spinal Disord Tech* 15:277-283, 2002
21. Kurokawa Y, Yokoyama Y, Kuroda K, Koruprolu S, Paller D, Nakano A, Baba I, Neo M: Biomechanical evaluation of the suture anchors used in open-door laminoplasty: A cadaveric study. *Spine (Phila Pa 1976)* 39(21):E1248-1255, 2014
22. Li Z, Yu S, Zhao Y, Hou S, Fu Q, Li F, Hou T, Zhong H: Clinical and radiologic comparison of dynamic cervical implant arthroplasty versus anterior cervical discectomy and fusion for the treatment of cervical degenerative disc disease. *J Clin Neurosci* 21(6):942-948, 2014
23. Lubelski D, Healy AT, Silverstein MP, Abdullah KG, Thompson NR, Riew KD, Steinmetz MP, Benzel EC, Mroz TE: Reoperation rates after anterior cervical discectomy and fusion versus posterior cervical foraminotomy: A propensity-matched analysis. *Spine J* 15:1277-1283, 2015
24. Manzano GR, Casella G, Wang MY, Vanni S, Levi AD: A prospective, randomized trial comparing expansile cervical laminoplasty and cervical laminectomy and fusion for multilevel cervical myelopathy. *Neurosurgery* 70:264-277, 2012
25. Matgé G: Cervical cage fusion with 5 different implants: 250 cases. *Acta Neurochir (Wien)* 144(6):539-549; discussion 550, 2002
26. Matgé G, Berthold C, Gunness VR, Hana A, Hertel F: Stabilization with the dynamic cervical implant: A novel treatment approach following cervical discectomy and decompression. *J Neurosurg Spine* 22(3):237-245, 2015
27. Mazanec D, Reddy A: Medical management of cervical spondylosis. *Neurosurgery J* 60(Suppl 1):43-50, 2007
28. Mo ZJ, Zhao YB, Wang LZ, Sun Y, Zhang M, Fan YB: Biomechanical effects of cervical arthroplasty with U-shaped disc implant on segmental range of motion and loading of surrounding soft tissue. *Eur Spine J* 23(3):613-621, 2014
29. Mohi Eldin MM: Dynamic cervical implant (DCI) in single level cervical disc disease. *Open Spine J* 6:1-8, 2014
30. Montgomery DM, Brower RS: Cervical spondylotic myelopathy. Clinical syndrome and natural history. *Orthop Clin North Am* 23(3):487-493, 1992
31. Nowinski GP, Visarius H, Nolte LP, Herkowitz HN: A biomechanical comparison of cervical laminoplasty and cervical laminectomy with progressive facetectomy. *Spine* 18: 1995-2004, 1993
32. Ogawa Y, Chiba K, Matsumoto M, Nakamura M, Takaishi H, Toyoma Y: Postoperative factors affecting neurological recovery after surgery for cervical spondylotic myelopathy. *J Neurosurg Spine* 5(6):483-487, 2006
33. Özer AF: Servikal spondilolitik miyelopati. İçinde: Zileli M, Ozer AF (eds). *Omurlilik ve Omurga Cerrahisi*. İstanbul: Nobel Kitapevi, 2014:561-574.
34. Özer AF, Ateş Ö, Çerezci Ö, Hekimoğlu M, Aydın AL, Öktenoğlu T, Sasani M: Changes in cervical sagittal alignment and the effects on cervical parameters in patients with cervical spondylotic myelopathy after laminoplasty. *J Craniovertebr Junction Spine* 12(2):183-190, 2021
35. Ratliff JK, Cooper PR: Cervical laminoplasty: A critical review. *J Neurosurg* 98:230-238, 2003
36. Rhee JM, Basra S: Posterior surgery for cervical myelopathy: Laminectomy, laminectomy with fusion, and laminoplasty. *Asian Spine J* 2:114-126, 2008
37. Riew KD, Rhee JM: Cervical degenerative disk disorders. In: Koval KJ (ed). *Orthopaedic Knowledge Update-7*. Illinois: American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2002:609-619
38. Saadat E, Heller JG, Rhee JM: Cervical laminoplasty. In: Rhee JM (ed). *Emory's Illustrated Tips and Tricks in Spine Surgery*, 1<sup>st</sup> ed. Wolters Kluwer Health, 2019:35-45
39. Sahai N, Changoor S, Dunn CJ, Sinha K, Hwang KS, Faloon M, Emami A: Minimally invasive posterior cervical foraminotomy as an alternative to anterior cervical discectomy and fusion for unilateral cervical radiculopathy: A systematic review and meta-analysis. *Spine (Phila Pa 1976)* 44(24):1731-1739, 2019
40. Santiago P, Fesler RG: Minimally invasive surgery for the management of cervical spondylosis. *Neurosurgery J* 60 Suppl 1:160-165, 2007
41. Shaffrey CI, Wiggins GC, Piccirilli CB, Young JN, Lovell LR: Modified open-door laminoplasty for treatment of neurological deficits in younger patients with congenital spinal stenosis: Analysis of clinical and radiographic data. *J Neurosurg* 90:170-177, 1999
42. Shedid D, Benzel EC: Cervical spondylosis anatomy: Pathophysiology and biomechanics. *Neurosurgery* 60(1 Suppl 1):S7-13, 2007
43. Srivastava NK, Singh S, Chauhan SPS, Gopal NN: Our technique of midsagittal splitting laminoplasty for compressive cervical myelopathy and its short-term results. *Asian J Neurosurg* 11:206-213, 2016
44. Terai H, Suzuki A, Toyoda H, Yasuda H, Kaneda K, Katsutani H, Nakamura H: Tandem keyhole foraminotomy in the treatment of cervical radiculopathy: Retrospective review of 35 cases. *J Orthop Surg Res* 9:38, 2014
45. Wahdan M, Taema R, Elawady M: Dynamic cervical implants (DCI) versus anterior cervical discectomy and fusion (ACDF) in single-level cervical disc disease (CDD): Clinical and radiographic outcome. *Egyptian Spine J* 33(1):45-53, 2020
46. Weinberg DS, Rhee JM: Cervical laminoplasty: Indication, technique, complications. *J Spine Surg* 6(1):290-301, 2020
47. Whitecloud TS, Werner JG: Cervical spondylosis and disc herniation: The anterior approach. In: Frymoyer JW (ed). *The Adult Spine: Principles and Practice*, 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia: Lippincott – Raven Publishers, 1997:1357-1379
48. Zhang AS, Myers C, McDonald CL, Alsoof D, Anderson G, Daniels AH: Cervical myelopathy: Diagnosis, contemporary treatment, and outcomes. *Am J Med* 135(4):435-443, 2022